

# Multi-Funktions-Generator MFG 9001

## Teil 2

**Nachdem im „ELVjournal“ 4/99 bereits das Funktionsgenerator-IC MAX 038, das Blockschaltbild sowie Bedienung und Funktion des Multi-Funktions-Generators MFG 9001 vorgestellt wurden, folgt im vorliegenden zweiten Teil die detaillierte Beschreibung der interessanten Schaltungstechnik. Anhand des Blockschaltbildes wollen wir die einzelnen Funktionsgruppen näher betrachten.**

### Signalerzeugung

Wir beginnen mit der Signalerzeugung, die in Abbildung 4 dargestellt ist und folgende Funktionsgruppen des Blockschaltbildes umfaßt: MAX 038 (1), Amplitude (2), Endstufe (3), Dämpfung (7), Symmetrie (8), DC-Offset (4), Bereichswahl (10) und Sync.-Endstufe (11).

Zentrales Element ist das Funktionsgenerator-IC MAX 038. An den Anschluß „COSC“, Pin 5, wird im neuen MFG 9001 nicht, wie sonst üblich über einen Drehschalter, sondern über Transistoren bzw. ein Relais die für den jeweiligen Frequenzbereich erforderliche Kapazität geschaltet. Die Steuerung der Schalter erfolgt vom Prozessorteil aus über die Steuerleitungen „10Hz“, „1kHz“, „100kHz“ und „20MHz“. Für die unteren Frequenzbereiche bis 10 MHz befindet sich das Relais RE 1 in der eingezeichneten Stellung. Je nach Be-

reich schalten die Transistoren T 2, T 3 und T 4 die Kondensatoren C 5, C 6 und C 8 parallel zu C 9. Im Frequenzbereich von 100 kHz bis 10 MHz ist kein Kondensator zugeschaltet. In diesem Fall bildet C 9 mit der verbleibenden Restkapazität der Transistoren T 2 bis T 4 die wirksame Kapazität. Für den oberen Frequenzbereich oberhalb von 10 MHz schaltet der Transistor T 1, ebenfalls vom Prozessorteil gesteuert, RE 1 um, wodurch C 7 am Eingang „COSC“ liegt.

Wie bereits im ersten Teil erläutert, ist im jeweiligen Bereich der Steuerstrom, der in Pin 10 hineinfließt, frequenzbestimmend. Pin 10 liegt aufgrund der Innenschaltung des MAX 038 auf sogenannter „virtueller Masse“, so daß der Steuerstrom „IIN“ durch die über R 20 anliegende Spannung bestimmt wird. Diese Spannung wird im Prozessorteil über einen D/A-Wandler generiert.

Die Auswahl der Signalform erfolgt di-

rekt vom Prozessor über die Steuersignale „A 0“ und „A 1“, Pin 3 und Pin 4 des MAX 038.

An „REF“ (Pin 1) stellt das IC eine Referenzspannung von 2,5 V zur Verfügung, woraus die zur Einstellung von Tastverhältnis und Klirrfaktor erforderlichen Steuerspannungen gewonnen werden.

Der Operationsverstärker IC 1 A ist als invertierender Verstärker mit der Verstärkung  $V = -1$  beschaltet und generiert aus der positiven Referenzspannung +2,5 V eine negative Referenzspannung von -2,5 V.

Die beiden Spannungsteiler R 2, R 3, R 4 und R 6, R 7, R 8 sind zwischen die Referenzspannungen +2,5 V und -2,5 V geschaltet.

Mit dem Poti R 3 „Symmetry“ läßt sich eine Spannung im Bereich von -0,83 V bis +0,83 V abgreifen, die mit dem Trimmer R 7 „Klirrfaktor“ einstellbare Spannung liegt im Bereich von -65 mV bis +65 mV.

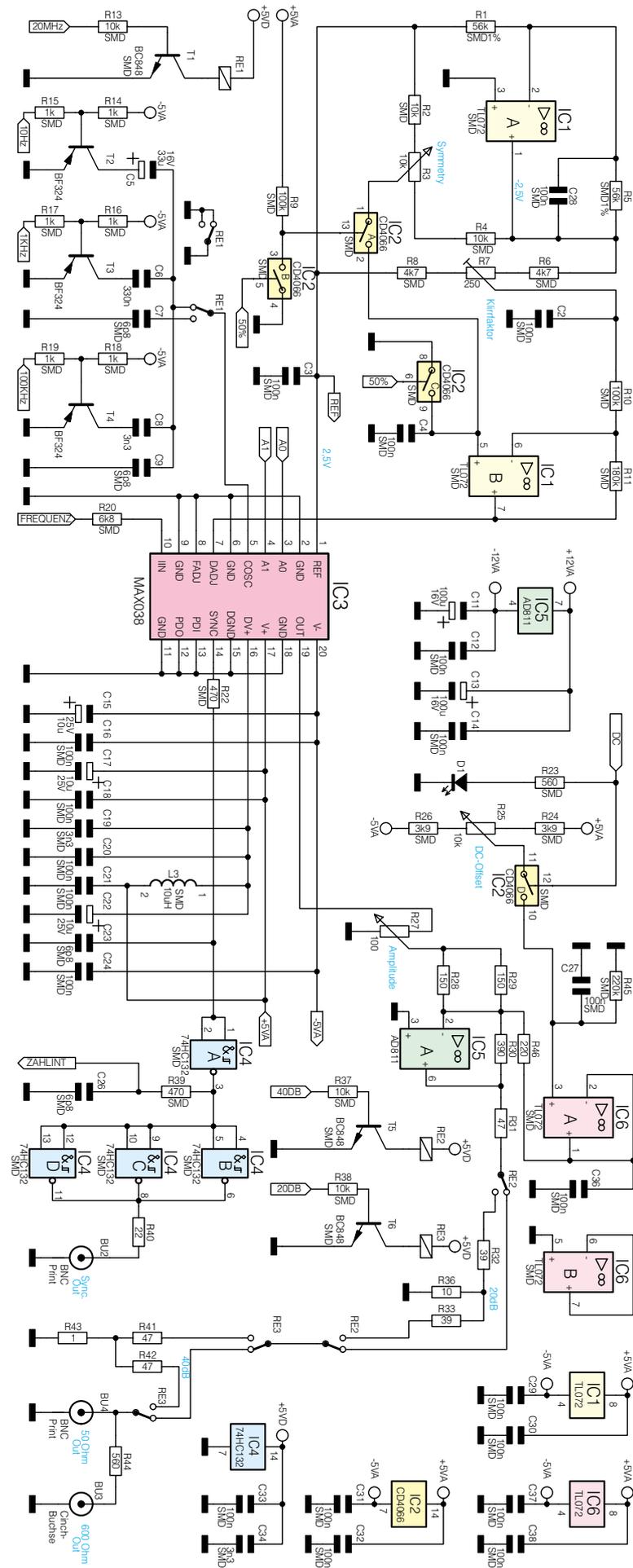


Bild 4: Signalerzeugung des MFG 9001

Der Operationsverstärker IC 1 B erfüllt zwei Aufgaben, die nachstehend detailliert beleuchtet werden.

1. Einstellung des Tastverhältnisses: Die mit dem Trimmer R 7 einstellbare Spannung liegt im Bereich von -65 mV bis +65 mV, also ungefähr auf Massepotential. Aufgrund dessen arbeitet IC 1 B für die mit dem Symmetrie-Einsteller R 3 abgegriffene und über den CMOS-Schalter IC 2 A zugeführte Spannung als nicht invertierender Verstärker. Der CMOS-Schalter IC 2 C ist geöffnet. Die Verstärkung beträgt  $V=1+R\ 10/R\ 11=2,8$ . Am Ausgang von IC 1 B, Pin 7, steht eine Spannung an, die mit R 3 im Bereich von -2,3 V bis +2,3 V einstellbar ist und dem MAX 038 an Pin 7 („DADJ“) zugeführt wird. Das Tastverhältnis läßt sich somit im Bereich von 15 % bis 85 % einstellen.
2. Feineinstellung des Tastverhältnisses für den Klirrfaktorabgleich bei sinusförmigen Ausgangssignalen: Bei sinusförmigem Ausgangssignal sollte das Tastverhältnis möglichst genau 50% betragen, da ansonsten der Klirrfaktor des Sinussignals ansteigt. Laut Herstellerangabe liegt der Klirrfaktor bei einer Spannung von 0 V am Eingang „DADJ“ bei max. 1,5%. Durch Anlegen einer Spannung an „DADJ“ im Bereich von  $\pm 100\text{ mV}$  kann ein Feinabgleich erfolgen, wodurch sich der Klirrfaktor auf 0,75% verringert.

In der Stellung „Sinus“ wird vom Prozessor automatisch die 50%-Stellung des Tastverhältnisses aktiviert, d. h. IC 2 A öffnet und IC 2 C legt Pin 5 von IC 1 B auf Massepotential. Somit arbeitet IC 1 B für die mit R 7 abgegriffene Spannung als invertierender Verstärker mit der Verstärkung  $V=-R\ 10/R\ 11=-1,8$ . Am Ausgang von IC 1 B, Pin 7, liegt in diesem Fall eine Spannung, die mit R 7 im Bereich von -117 mV bis +117 mV einstellbar ist und eine Feineinstellung des Klirrfaktors ermöglicht.

Das Ausgangssignal des MAX 038 steht mit konstanter Amplitude von 1 V an Pin 19 („OUT“) zur Verfügung und wird auf den Amplitudeneinsteller R 27 geführt. Die Endstufe des MFG 9001 ist völlig neu konzipiert und besteht im wesentlichen aus dem Hochgeschwindigkeits-Video-Operationsverstärker AD 811, der sich insbesondere durch folgende Vorteile auszeichnet:

- 140MHz-Verstärkungs-Bandbreite
- 2500V/ $\mu\text{s}$ -Anstiegsgeschwindigkeit (Slew Rate)

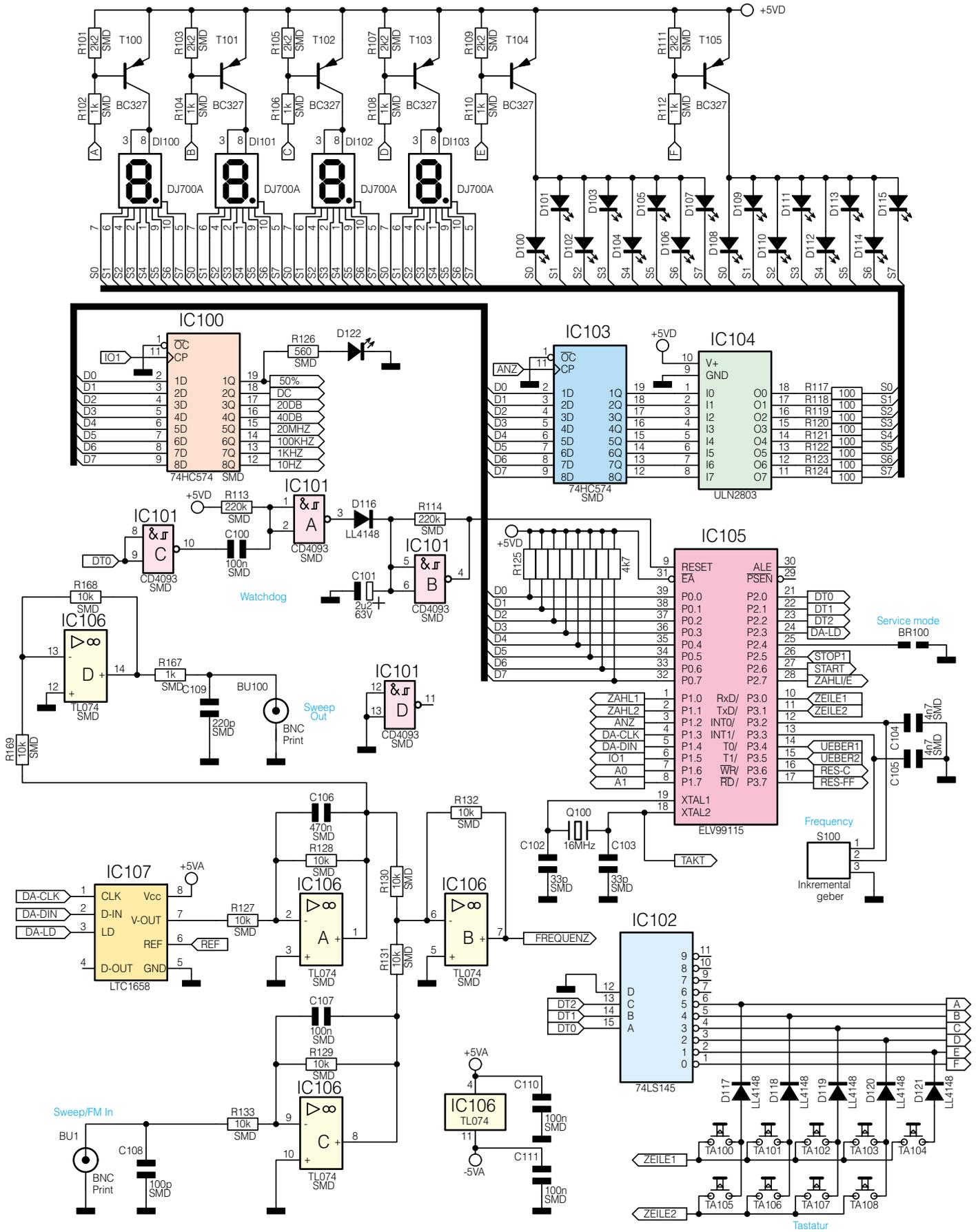


Bild 5: Prozessorteil des MFG 9001

995173402A

- geringe Verzerrungen
- exzellentes DC-Verhalten
- kompakte Bauform im 8poligen DIP-Gehäuse

Durch Einsatz dieses Operationsverstärkers konnte der Gesamtaufwand für die Endstufe sehr gering gehalten werden und beschränkt sich auf die Bauteile IC 5, R 28, R 29 und R 30. IC 5 arbeitet für das am Amplitudeneinsteller R 27 abgegriffene Signal als invertierender Verstärker mit der Verstärkung  $V = -R 30 / (R 28 \parallel R 29) = -5,2$ .

Über R 46 wird der DC-Offset addiert. Dieser wird mit dem Poti „DC-Offset“ eingestellt, bei Bedarf über den CMOS-Schalter IC 2 D zugeschaltet und über IC 6 A gepuffert. Bei Nichtbenötigung ist IC 2 D geöffnet und der Eingang von IC 6 A liegt über R 45 auf Massepotential, so daß kein Offset addiert wird.

Um einen Innenwiderstand von 50 Ω zu erhalten, ist dem Ausgang Pin 6 von IC 5 der Widerstand R 31 nachgeschaltet. Von hier aus gelangt das Signal auf die beiden vom Prozessor gesteuerten Dämpfungsglieder, die Dämpfungen von 20 dB und 40 dB realisieren. Das Relais RE 2 schaltet das Signal bei Bedarf auf das 20dB-Dämpfungsglied R 32, R 36 und R 33, RE 3 schaltet auf das 40dB-Dämpfungsglied R 41 bis R 43.

20dB-Dämpfung bedeutet eine Signalabschwächung um den Faktor 10, 40 dB um den Faktor 100. Sind beide Dämpfungsglieder eingeschaltet, erfolgt eine Dämpfung um den Faktor 1000, so daß

auch Ausgangsamplituden im mV-Bereich problemlos einstellbar sind.

An BU 4 steht das Ausgangssignal mit einem Innenwiderstand von 50 Ω und an BU 3 mit 600 Ω zur Verfügung.

Das an Pin 14 des MAX 038 zur Verfügung stehende Sync.-Signal wird über R 22 auf das Gatter IC 4 A geführt, das eine Impulsformung vornimmt. An den Ausgängen der 3 parallel geschalteten Gatter IC 4 B bis D steht das Signal mit einem Innenwiderstand von ca. 30 Ω an, so daß sich in Verbindung mit R 40 an der Buchse BU 2 ein Innenwiderstand von 50 Ω ergibt. Über R 39 wird das Sync.-Signal dem internen Zähler zugeführt.

Der MAX 038 benötigt Betriebsspannungen von ±5 V (A) sowie +5 V an „DV+“ für den Digitalteil. Neben einer breitbandigen Blockung mit den Kondensatoren C 15 bis C 24 ist die Zuführung zu „DV+“ zusätzlich über die Spule L 3 entkoppelt.

Damit ist die Beschreibung der Signal-erzeugung abgeschlossen und wir wenden uns dem Prozessor teil inkl. Frequenzzähler zu.

### Prozessor teil

Der in Abbildung 5 dargestellte Prozessor teil beinhaltet folgende digitale Baugruppen des MFG 9001: Prozessor (5), Bedienelemente (6), D/A-Wandler (9), Anzeige (13).

Der Prozessor IC 105 des Typs ELV 99115 steuert und verwaltet alle wichtigen

Funktionen des MFG 9001. Durch den integrierten Programmspeicher beschränkt sich die für die Funktion notwendige Außenbeschaltung lediglich auf den 16MHz-Quarz Q 100 und die Bürdekapazitäten C 102 und C 103.

Die für die Steuerung der Gerätefunktionen notwendigen Steuersignale werden teilweise direkt vom Prozessor zur Verfügung gestellt, z. B. „A 0“ und „A 1“. Die restlichen Steuersignale werden über den zentralen Datenbus mit den Signalen „D 0“ bis „D 7“ (Port 0, Pin 32 bis Pin 39) in den Zwischenspeicher IC 100 geschrieben.

Für die Erzeugung der Steuerspannung „Frequenz“ ist der D/A-Wandler IC 107 (LTC 1658) verantwortlich, der vom Prozessor über die Steuerleitungen „DA-CLK“, „DA-DIN“ und „DA-LD“ beschrieben wird. Bei dem LTC 1658 handelt es sich um einen seriell beschreibbaren 14-Bit-Wandler. An Pin 6 wird die 2,5V-Referenzspannung des MAX 038 zugeführt. Je nach vorgegebenem Digitalwert gibt der Wandler an Pin 7 eine Spannung im Bereich von 0 V bis 2,5 V aus. IC 106 A ist als invertierender Verstärker mit dem Verstärkungsfaktor  $V = -1$  beschaltet, so daß die vom D/A-Wandler ausgegebene Steuerspannung an Pin 1 invertiert erscheint.

Die an die Buchse BU 1 angelegte Modulationsspannung wird über IC 106 C invertiert.

Der Operationsverstärker IC 106 B ist als Addierer (invertiert die Signale nochmals) beschaltet und verknüpft die Steuer-

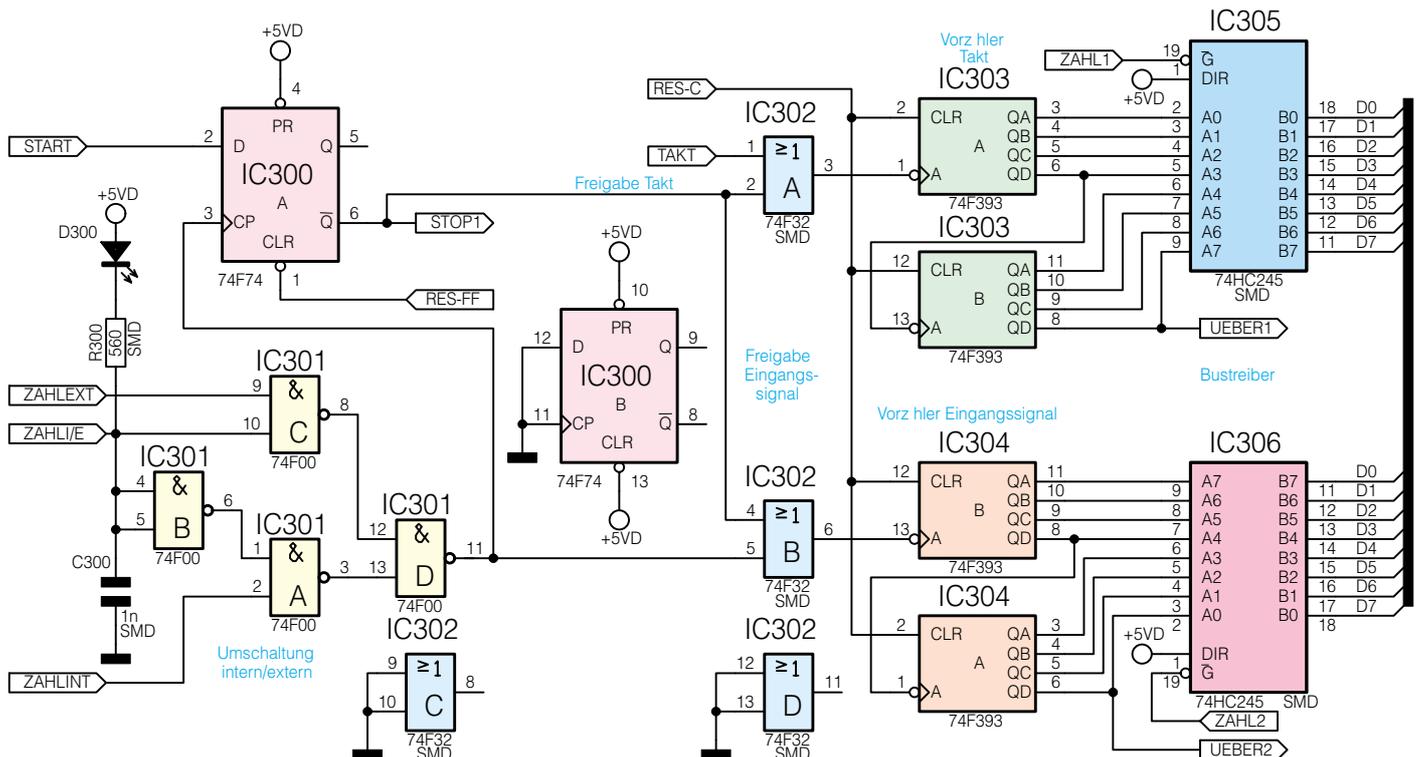
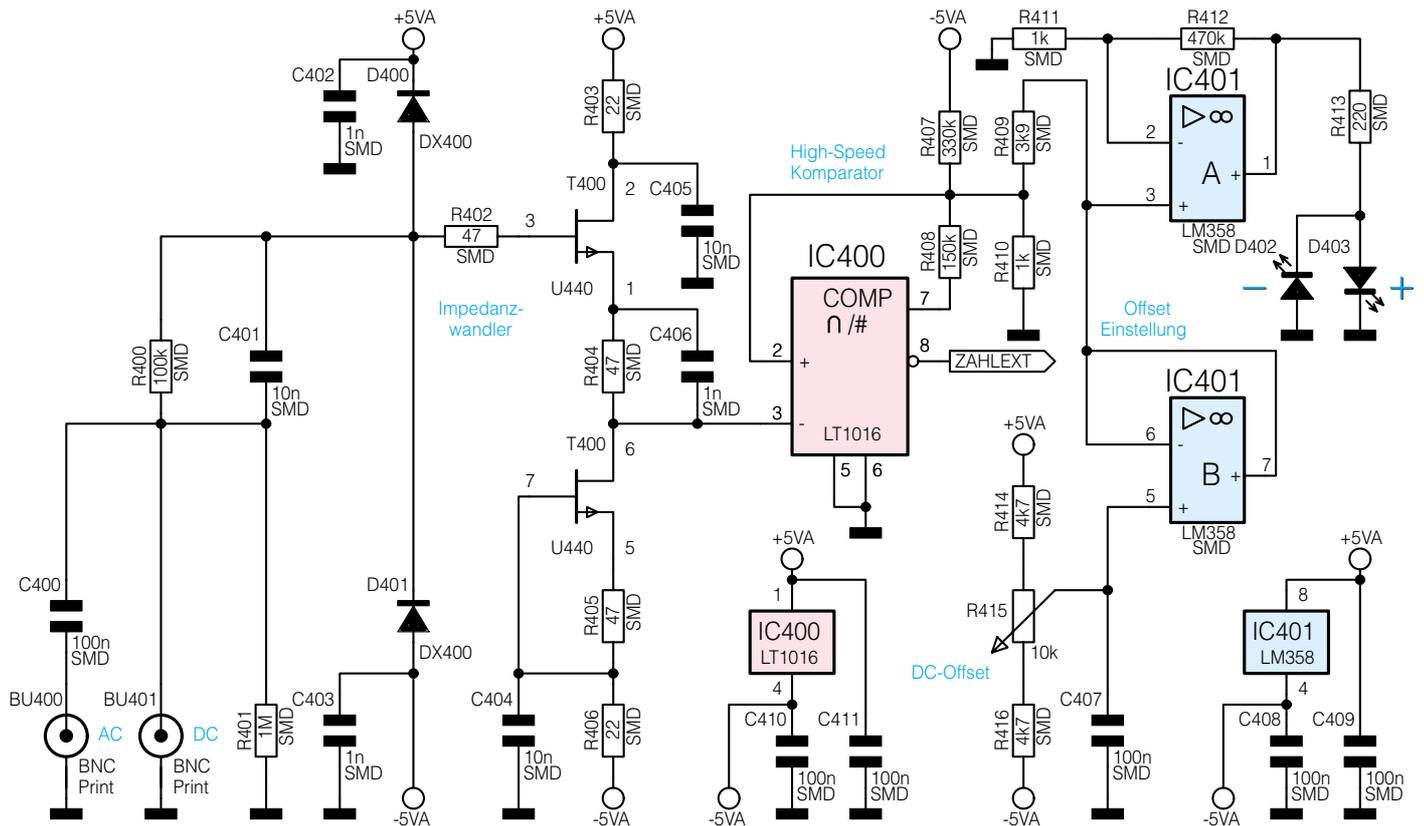


Bild 6: Frequenzzähler des MFG 9001

995173403A



**Bild 7: Frequenzzähler-Vorverstärker**

995173404A

spannung und die Modulationsspannung. An Pin 7 von IC 106 B steht die Summenspannung zur Verfügung, die, wie bereits erläutert, dem Widerstand R 20 im Signal-erzeugungsteil zugeführt wird.

Die Wobbelfunktion wird beim neuen MFG 9001 vom Prozessor realisiert, indem der D/A-Wandler sequentiell mit entsprechenden Werten beschrieben wird. Um die Steuerspannung, die sich dabei in Stufen ändert, zu glätten, ist der Kondensator C 106 vorgesehen, der in Verbindung mit R 128 eine Grenzfrequenz von ca. 34 Hz realisiert.

Die Ausgangsspannung von IC 106 A wird über den invertierenden Verstärker IC 106 D, R 168, R 169 invertiert und steht an BU 100 für Synchronisationszwecke zur Verfügung.

Die Ansteuerung der 7-Segment-Anzeigen DI 100 bis DI 103, die LEDs D 100 bis D 115 und die Abfrage der Tasten TA 100 bis TA 108 arbeiten im Multiplex-Betrieb. Über den Decoder IC 102 (74 LS 145) wird vom Prozessor über die Signale „A“ bis „F“ die Spalte, d. h. eine 7-Segment-Anzeige bzw. LED-Bank, ausgewählt. Gleichzeitig wird der Zwischenspeicher IC 103 über den Datenbus mit dem Wert der Anzeige beschrieben, der nachgeschaltete Treiberbaustein IC 104 des Typs ULN 2803 treibt die einzelnen Segmente bzw. LEDs. Nachdem alle Spalten durchlaufen wurden, beginnt ein neuer Durchgang. Parallel dazu wird die Tastatur

abgefragt. Sobald eine Taste betätigt wird, werden die Signale „ZEILE 1“ und „ZEILE 2“ auf Low-Potential gezogen.

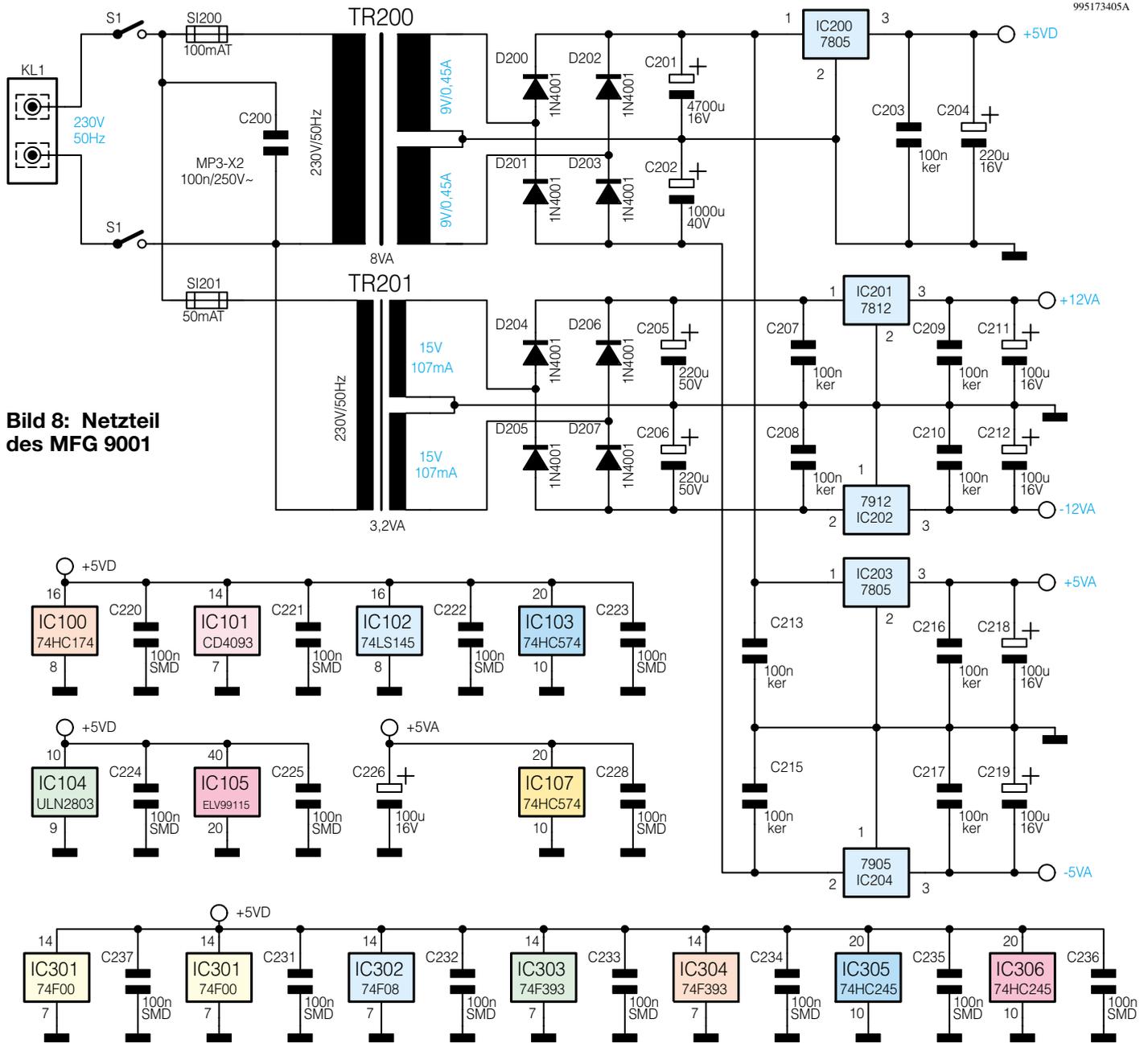
Der Inkrementalgeber S 100, über den man die Frequenz einstellt, wird über die Portpins „P 3.2“ und „P 3.3“, Pin 12 und Pin 13, abgefragt. Der Inkrementalgeber schaltet pro Schritt beide Anschlüsse einmal nach Masse durch. Abhängig von der Drehrichtung wird ein Kontakt früher geschaltet als der andere. Auf diese Weise erkennt der Prozessor die Drehrichtung.

Mit IC 101 und Peripherie ist ein sogenannter Watchdog realisiert, der den Prozessor überwacht. Sollte es zu einem „Absturz“ kommen, wird das Signal „DT0“ nicht mehr im Rahmen des Anzeigen-Multiplex-Betriebs beschrieben. Daraufhin löst der Watchdog einen Reset aus. Mit der Brücke BR 1 läßt sich der MFG 9001 für Servicearbeiten so einstellen, daß die Frequenzregelung ausgeschaltet wird. Dadurch wird die Fehlersuche erheblich erleichtert.

Nachdem die wesentlichen Steuerfunktionen beschrieben sind, beschäftigen wir uns jetzt mit dem eingangssynchronen Frequenzzähler (12) des MFG 9001. Abbildung 6 zeigt diesen Schaltungsteil. IC 301 wählt aus, welche Quelle für die Zählung herangezogen wird. Das Signal „ZAHLEINT“ stellt die Ausgangsfrequenz des internen Generators dar, während das Signal „ZAHLEXT“ mit dem Ausgang des Frequenzzähler-Vorverstärkers für externe Signale verbunden ist. Die Auswahl des Ein-

gangssignals erfolgt über „ZAHLE“ und die Nand-Gatter von IC 301. Das ausgewählte Signal wird sowohl dem D-Flip-Flop IC 300 (74 F 74) an Pin 3 als auch dem Oder-Gatter IC 302 (74 F 32) zugeführt. Da der Zähler Signale bis 100 MHz verarbeiten muß, wurden schnelle F-Gatter eingesetzt. Weiterhin sind aufgrund der hohen Frequenzen Vorzähler erforderlich. IC 303 und IC 304 (74 F 393) dienen als Vorzähler, wobei IC 303 den Prozessortakt und IC 304 die Eingangsfrequenz zählt. Über die nachgeschalteten Bustreiber IC 305 und IC 306 ermittelt der Prozessor anschließend die Zählerstände und daraus die Eingangsfrequenz. Im einzelnen ist die Funktionsweise wie folgt:

Vor dem Start eines Zählvorganges werden IC 300, IC 303 und IC 304 über die Signale „RES-FF“ bzw. „RES-C“ zurückgesetzt. Um einen Zählvorgang zu starten, setzt der Prozessor das Signal „START“ an Pin 2 von IC 300 auf High-Pegel. Bei der nächsten positiven Flanke des an Pin 3 anliegenden Eingangssignals nimmt der Ausgang Q (Pin 6) Low-Pegel an. Pin 6 ist mit den beiden Gattern IC 302 A und IC 302 B verbunden. Aufgrund des Low-Pegels wird das Taktsignal auf den Zähl-eingang von IC 303 (Pin 1) und das Eingangssignal auf den Zähl-eingang von IC 304 (Pin 13) geführt. Nach Ablauf der vorgegebenen Torzeit von 100 ms setzt der Prozessor das Signal „START“ wieder auf Low-Pegel. Bei der darauffolgenden posi-



**Bild 8: Netzteil des MFG 9001**

tiven Flanke des Eingangssignals nimmt Pin 6 von IC 300 wieder High-Pegel an. Dadurch sperren die Gatter IC 302 A und IC 302 B die Weiterleitung der beiden Zählsignale und der Prozessor liest die Zählerstände aus.

Der Frequenzzähler-Vorverstärker (14) für externe Signale ist in Abbildung 7 dargestellt. Der Vorverstärker verfügt über einen DC-gekoppelten Eingang (BU 401) und einen AC-gekoppelten Eingang (BU 400). Der Widerstand R 401 bildet für beide Buchsen den Eingangswiderstand von 1 MΩ. Über die Parallelschaltung aus R 400 und C 401 gelangt das Eingangssignal auf die Impedanzwandlerstufe T 400 mit Peripherie, die kapazitätsarmen Dioden D 400 und D 401 schützen vor zu hohen Eingangsspannungen. Das zwischen Source (Pin 1) und R 404 anstehende niederohmige Signal gelangt auf die High-

Speed-Komparatorstufe mit IC 400. Über R 409 wird ein mit R 415 im Bereich von ± 1V einstellbarer DC-Offset addiert. Die LEDs D 402 und D 403 zeigen die Offset-Polarität an. Das an Pin 8 des Komparators anstehende Signal („ZAHLEXT“) wird auf die bereits erläuterte Meßsignalauswahlstufe des Frequenzzählers geführt.

Abschließend wollen wir noch das Netzteil des MFG 9001 betrachten, das Abbildung 8 zeigt. An Klemme KL 1 wird die Netzspannung zugeführt. Über den Netzschalter S 1 und die beiden Sicherungen SI 200 und SI 201 gelangt die Spannung auf die Transformatoren TR 200 und TR 201. Die einzelnen Stufen des MFG 9001 verlangen insgesamt 5 Betriebsspannungen. Der Digitalteil wird mit der digitalen Versorgungsspannung „+5 VD“ versorgt, die Endstufe verlangt die beiden 12V-Versorgungsspannungen „+12 VA“

und „-12 VA“ und die restlichen Komponenten werden mit „+5 VA“ und „-5 VA“ versorgt. Der Trafo TR 200 dient zur Generierung der drei 5V-Versorgungsspannungen. Die am Ausgang des Brückengleichrichters D 200 bis D 203 anstehenden Spannungen werden zunächst durch C 201 und C 202 geglättet, bevor die Festspannungsregler IC 200, IC 203 und IC 204 auf + 5V bzw. - 5V stabilisieren. Ausschließlich zur Versorgung der Endstufe dient der Trafo TR 201. Die über den Brückengleichrichter D 204 bis D207 gleichgerichtete und durch C 205 und C 206 gesiebte Trafo-Spannung wird mit IC 201 und IC 202 auf ± 12V stabilisiert.

Damit ist die Schaltungsbeschreibung abgeschlossen, im dritten und letzten Teil dieses Artikels werden Nachbau, Inbetriebnahme und Abgleich des MFG 9001 vorgestellt. **ELV**